

Klimagassutslipp, konsumentpriser og levestandard

Dag Einar Sommervoll
og Jørgen Aasness

Kan klimagassutslippet reduseres gjennom endringer i forbruksmønstret uten at levestandarden samtidig går ned? Svaret er ja, hvis utslippet per krone varierer mellom forbruksgodene. Svaret er nei, hvis utslippet per krone er likt for alle goder, for da har vi allerede klimagassminimerende konsumentpriser. Vi har beregnet at klimagassutslippet tilknyttet norske husholdningers private forbruk kan reduseres med 27 prosent ved overgang til klimagassminimerende priser uten at den gjennomsnittlige materielle levestandard går ned. Dette er beregnet i en modell, der vi blant annet antar at alle norske husholdninger prøver å tilfredsstille sine egne behov best mulig gitt de priser og inntekter de står overfor. Husholdningene vil derfor frivillig endre forbruksmønsteret når prisene endres, mens levestandard og utslippsteknikk holdes konstant. Virkningen på samlet klimagassutslipp ved å endre prisen på ett gode blir målt ved priselastisiteter for de 30 konsumgodene i modellen. En konkret prisreform, med blant annet dobling av bensinprisen og halvering av priser på tog, trikk og T-bane, reduserer klimagassutslippet med 18 prosent knyttet til konsum av kommunikasjons-goder og med 6 prosent knyttet til konsum totalt.

Innledning¹

I denne artikkelen vil vi forsøke å belyse følgende problemstilling: Er det mulig å vri norske husholdningers forbruksmønstre, gjennom å endre de relative priser og total forbruksutgift, slik at konsumet gir betydelig lavere utslipp av klimagasser, og uten at levestandarden reduseres? Hvordan må i så fall prisene endres?

Artikkelen utvider økonomisk konsumentteori med relasjoner for klimagassutslipp knyttet til produksjon og forbruk av konsumgodene. *Det totale klimagassutslippet* knyttet til husholdningenes konsum utledes som funksjon av *prisene* på alle konsumgodene og av den materielle *levestandarden* (nyttensnivået) til gjennomsnittshusholdningen. Når prisen på et gode øker, vil totalt klimagassutslipp øke eller synke avhengig av hvordan hele forbrukssammensetningen endrer seg. Blant 30 konsumgoder, i en modell for norske hus-

holdninger, gir økt pris på brensel størst relativ reduksjon i totalt klimagassutslipp, mens økt pris på lokal-tog gir størst relativ økning i totalt klimagassutslipp.

Virkningene av prisendringene avhenger imidlertid av hvor store prisene er i utgangspunktet. Hvis prisene settes slik at utslipp per krone blir likt for alle goder, får vi hva vi kaller *klimagassminimerende konsumentpriser*. Da vil ikke små endringer i prisene påvirke totalt klimagassutslipp i det hele tatt, alle priselastisitetene er null. Videre vil store prisendringer øke klimagassutslippet uansett hvilket gode som får økt eller redusert sin pris. Ved klimagassminimerende priser blir det umulig å redusere klimagassutslippet ytterligere, uten å redusere levestandarden eller å redusere *utslippintensitetene* (utslipp per mengdeenheter av forbruksgodene). I vår empiriske modell har vi beregnet at totalt klimagassutslipp ville reduseres med 27 prosent ved overgang til klimagassminimerende konsumentpriser. Det gir en øvre grense på hva som er mulig å oppnå i klimagassreduksjon ved å endre konsumentprisene for gitt levestandard.

Vårt begrep klimagassminimerende konsumentpriser må ikke forveksles med samfunnsøkonomisk optimale priser, se for eksempel Bye (1998) for en litteratur-oversikt. De vil kun falle sammen i spesielle tilfeller.

Dag Einar Sommervoll er førstekonsulent ved Seksjon for mikroøkonomi. (dag.sommervoll@ssb.no)

Jørgen Aasness er forskningssjef ved Seksjon for mikroøkonomi. (jorgen.aasness@ssb.no)

¹ Arbeidet med denne artikkelen er finansiert av et prosjekt for Norges forskningsråd, Program for bærekraftig produksjon og forbruk ("137969/730 Virkninger på forbruksmønstre, levestandard og miljø av endringer i skattesystem og teknologi") og bygger videre på et tidligere prosjekt for Miljøverndepartementet. Vi takker Birger Strøm for hjelp til beregning av utslippintensiteter. En tidligere versjon av dette arbeidet har vært presentert ved det 23. nasjonale forskermøte for økonomer, Høgskolen i Telemark, Bø, 8-9. januar 2001 og ved seminarer i Statistisk sentralbyrå. Vi takker deltakere, og spesielt Karin Ibenholt, for nyttige kommentarer. En spesiell takk til Annegrete Bruvoll for detaljerte og konstruktive kommentarer til en tidligere versjon av denne artikkel.

Når vi endrer konsumentprisene kompenserer vi konsumenten med en endring i total forbruksutgift slik at levestandarden blir konstant. Men vi beregner ikke de samfunnsøkonomiske kostnadene ved faktisk å gjennomføre kompensasjonen i de ulike tilfellene. Til det måtte vi trenge en langt mer omfattende modell. Vår modell består kun av nytte- og etterspørselsfunksjoner for 30 konsumgoder og tilhørende utslippsintensiteter, og vi begrenser oss til å svare på problemstillinger innen rammen av denne modellen.

I samsvar med dette tar vi ikke her stilling til på hvilken måte konsumentprisene bør endres, vi bare viser hva som skjer hvis de endres. Spesielt foreslår vi *ikke* at hvert konsumgode skal få sin egen "klimagassavgift". Det norske skattesystemet har allerede en rekke virkemidler som kan brukes til å endre de relative konsumentprisene i en retning som gir mindre klimagassutslipp, samtidig som gjennomsnittlig levestandard holdes konstant. For eksempel vil en økning i bensinprisen for både produsenter og konsumenter generelt endre konsumentprisene på alle konsumgodene, fordi bensin blir brukt direkte og/eller indirekte i produksjonen av dem. Dette vil rimeligvis gi nye relative priser som reduserer klimagassutslippet i vår modell, dvs. at vi går i retning av klimagassminimerende konsumentpriser. Det samme vil rimeligvis en økning av bomavgifter og parkeringsavgifter i byene gjøre, som blant annet vil ha andre fordelings effekter enn en økning av bensinavgiftene over hele landet. Tilsvarende kan en endre total forbruksutgift, slik at levestandarden for gjennomsnittshusholdningen holdes konstant, på en rekke forskjellige måter. For eksempel kan toppskatten reduseres eller barnetrygden økes, som igjen vil ha ulike fordelings effekter. Dette analyseres ikke i denne artikkel. Vi begrenser oss til direkte å endre total forbruksutgift for gjennomsnittshusholdningen og konsumentprisene på de 30 godegruppene som vi har i vår modell.

I artikkelen redegjør vi først for noen viktige begreper og teoretiske resultater vi oppnår ved å kople utslippsrelasjoner for klimagasser til økonomisk konsumentteori. Dernest beskriver vi kort den empiriske modellen for norske hushold som er konstruert i samsvar med teorien. Empiriske karakteristika ved modellen, slik som utslippsintensiteter og priselastisiteter blir deretter presentert og kommentert. Vi viser så resultater knyttet til klimagassminimerende priser. Deretter gjennomgår et eksempel på en simuleringsanalyse hvor vi studerer virkningene av samtidig å øke prisen på bruk av egne transportmidler og redusere prisen på tog, trikk, T-bane og teletjenester. Til slutt trekker vi konklusjoner.

Teori

Vi bygger på tradisjonell økonomisk teori for konsumentenes atferd. I tillegg antar vi at klimagassutslippet tilknyttet konsumet av et gode er proporsjonalt med forbrukt mengde av godet. Proporsjonalitetsfak-

Boks 1. Konsumentteori og klimagassutslipp

Konsumentens utgift til gode j er prisen ganger forbruket:

$$(1) \quad \text{Utgift}_j = \text{pris}_j \cdot \text{forbruk}_j, \quad j = 1, \dots, n,$$

der n er antall goder konsumenten står overfor. For homogene goder måler vi forbruket i fysiske enheter. For godegrupper måler vi forbruket i utgift til faste priser og prisen ved en prisindeks.

Klimagassutslippet tilknyttet konsum av gode j defineres ved:

$$(2) \quad \text{Utslipp}_j = \text{intensitet}_j \cdot \text{forbruk}_j, \quad j = 1, \dots, n.$$

Utslippet av klimagasser måles i (kilo)gram. Intensiteten, som er en kortform for 'utslippsintensiteten for klimagasser', måles i gram per mengdeenhet av konsumgodet.

Av (1) og (2) følger:

$$(3) \quad \text{Utslipp}_j / \text{utgift}_j = \text{intensitet}_j / \text{pris}_j, \quad j = 1, \dots, n.$$

Utslippet per krone av en konsumvare øker med utslippsintensiteten og reduseres med prisen. Hvis prisene settes proporsjonalt med utslippsintensitetene vil utslipp per krone bli lik for alle konsumgoder.

Konsumentens totale utgifter er gitt ved budsjettlikningen som summerer utgiftene over alle godene:

$$(4) \quad \text{Total forbruksutgift} = \sum_{j=1}^n \text{pris}_j \cdot \text{forbruk}_j.$$

Det totale klimagassutslippet knyttet til konsumet er gitt ved utslippslikningen som summerer utslippene over alle konsumgodene:

$$(5) \quad \text{Totalt klimagassutslipp} = \sum_{j=1}^n \text{intensitet}_j \cdot \text{forbruk}_j.$$

Budsjettlikningen og utslippslikningen er illustrert grafisk i togode-tilfellet i boks 2, samt i boks 3.

I tråd med vanlig økonomisk teori for konsumentenes atferd vil vi anta konsumentens nytte, eller materielle levestandard, er en funksjon av forbruket av alle konsumgodene:

$$(6) \quad \text{nytte} = \text{levestandard} = u(\text{forbruk}_1, \dots, \text{forbruk}_n).$$

Videre antar vi at konsumenten maksimerer nytten (6) for gitt budsjett (4), som medfører at:

$$(7) \quad \text{forbruk}_j = f_j(\text{pris}_1, \dots, \text{pris}_n, \text{total forbruksutgift}).$$

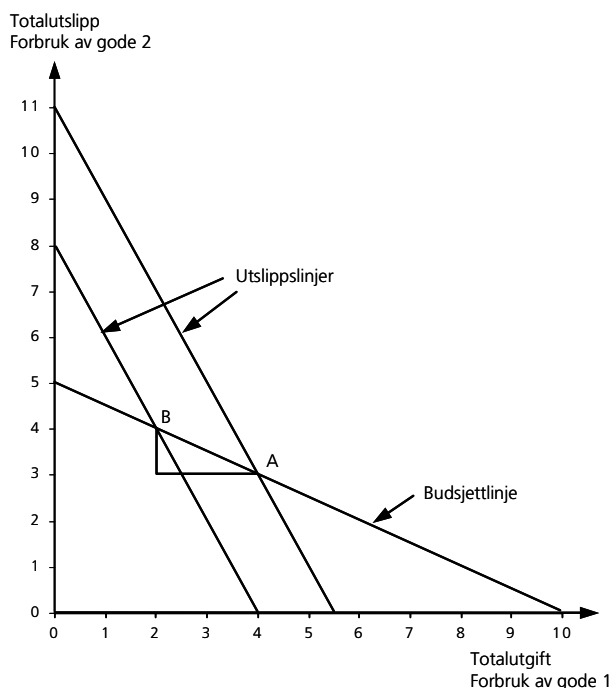
Vi kan også minimere total forbruksutgift (4) for gitt levestandard (6) som gir kompenserte etterspørselsfunksjoner:

$$(8) \quad \text{forbruk}_j = f_j(\text{pris}_1, \dots, \text{pris}_n, \text{levestandard}).$$

Ved å sette (7) eller (8) inn i (5) finner vi totalt klimagassutslipp som funksjon av priser og total forbruksutgift eller levestandard.

Ved å minimere totalt klimagassutslipp (5) for gitt levestandard (6), får vi de samme funksjonene f_j som i (8), der utslippsintensitetene har tatt prisenes plass. Dette medfører at alle prisvektorer som er proporsjonale med vektoren av utslippsintensiteter minimerer totalt klimagassutslipp for gitt levestandard. Vi kaller dette for klimagassminimerende priser. Dette innebærer at utslipp per krone er lik for alle goder, jf. (3). Se boks 3 for en illustrasjon i to-godetilfellet.

Boks 2. Konsumentenes valgmuligheter og utslippskonsekvenser



Budsjetlinje: $\text{totalutgift} = 1 \cdot \text{forbruk}_1 + 2 \cdot \text{forbruk}_2 = 10$.
 Utslippslinje: $\text{totalutslipp} = 2 \cdot \text{forbruk}_1 + 1 \cdot \text{forbruk}_2$.

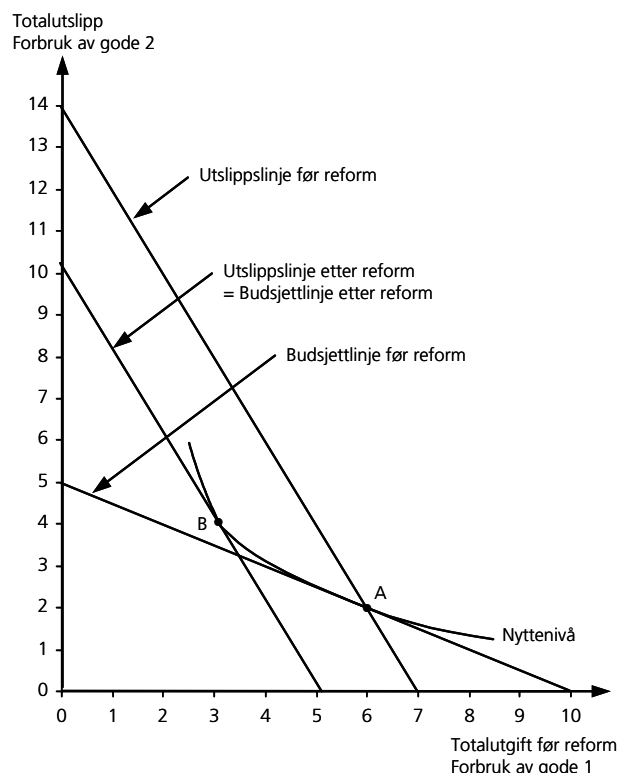
Endring fra situasjon A til situasjon B:

- forbruk av gode 1 fra 4 til 2, dvs. 50 prosent reduksjon,
- forbruk av gode 2 fra 3 til 4, dvs. 33 prosent økning,
- totalutslipp fra 11 til 8, dvs. 27 prosent reduksjon,
- totalutgift = 10 = konstant.

toren svarer til intensiteten for klimagassutslipp som omtalt over. Teorien er kort framstilt i boks 1 og illustrert i tilfellet med bare to konsumgoder i boks 2 og 3.²

Sentralt i økonomisk teori er at konsumentene har valgmuligheter. Selv om totalbudsjettet er gitt, og de ønsker å bruke opp hele budsjettet, kan de velge sammensetningen av forbruket og derigjennom påvirke totalt klimagassutslipp. Dette er illustrert med et enkelt eksempel i boks 2. Vi har to goder. Gode 1 har pris lik 1 og utslippsintensitet lik 2, mens gode 2 har pris lik 2 og utslippsintensitet lik 1. Den horisontale akse måler mengden av gode 1, og samtidig størrelsen på total forbruksutgift siden prisen på gode 1 er lik 1. Den vertikale akse måler mengden av gode 2, og samtidig totalt klimagassutslipp siden utslippsintensiteten for gode 2 er lik 1. Vi ser at hvis en konsument endrer tilpasning fra punkt A til punkt B, som begge ligger på budsjetlinjen, så reduseres totalt klimagassutslipp, nærmere bestemt med 27 prosent i denne

Boks 3. Nyttelnivå og utslippsminimerende konsumentpriser



Situasjon A:

Konsumenten maksimerer nytten gitt budsjettiligningen
 $\text{totalutgift} = 1 \cdot \text{forbruk}_1 + 2 \cdot \text{forbruk}_2 = 10$.
 Resultat: $\text{forbruk}_1 = 6$, $\text{forbruk}_2 = 2$, totalt utslipp = 14.

Situasjon B:

Konsumenten maksimerer nytten når budsjettiligningen er lik utslippsligningen:
 $\text{totalutgift} = 2 \cdot \text{forbruk}_1 + 1 \cdot \text{forbruk}_2$,
 dvs. at prisene er satt lik utslippsintensitetene.
 Resultat: $\text{forbruk}_1 = 3,1$, $\text{forbruk}_2 = 4$, totalt utslipp = 10,2.

Reduksjonen i totalt utslipp fra A til B er i dette talleksemplet 27 prosent, og ytterligere reduksjon i utslipp er umulig uten å redusere nyttenivået (levestandarden) eller redusere utslippsintensitetene.

konkrete illustrasjonen. Eller vi kan tolke det som at vi har to konsumenter, A og B, som har lik inntekt (10) som de bruker opp fullt ut. Konsument A har valgt å bruke mer av vare 1, som har høyt utslipp per krone, og mindre av vare 2, som har lavt utslipp per krone, i forhold til konsument B. Konsekvensen er at A slipper ut 27 prosent mer klimagass enn konsument B, til tross for at de har like stort forbruk målt i kroner.

Et annet sentralt poeng i økonomisk konsumentteori er at den enkelte konsument antas å tilpasse seg gunstigst mulig gitt de priser og ressursbeskrankninger

² Klimagassutslippet knyttet til en gruppe av konsumgoder, eller alle konsumgoder, kan tolkes som et "lineært konsumaggregat" som definert Aasness (1990), slik at de teoretiske resultatene der kan anvendes i dette tilfellet.

den står overfor. Av dette kan vi utlede hvordan konsumet av ulike goder avhenger av priser og total forbruksutgift, gitt konsumentens preferanser. Vi kan også forutsette at konsumenten blir kompensert for prisendringer på en slik måte at levestandarden blir nøyaktig den samme før og etter en endring i prisene. Dermed blir etterspørselen en funksjon av prisene og levestandarden. Dette er nærmere forklart i boks 1, hvor det også forklares at dette innebærer at totalt klimagassutslipp tilknyttet konsumet blir en funksjon av prisene på alle konsumvarene og total forbruksutgift, eller av prisene og levestandarden.

Et interessant spørsmål blir da: *er det mulig å redusere totalt klimagassutslipp ved å endre konsumentprisene, og samtidig kompensere konsumentene slik at levestandarden er konstant?* Svaret er nei, hvis utslippet per krone er likt for alle goder, for da vil alle forbrukssammensetninger gi like stort utslipp. Svaret er ja, hvis utslippet per krone varierer mellom forbruksgodene, for da kan en redusere utslippet ved å bruke en krone mindre på et gode med høyt utslipp per krone og en krone mer på et gode med lavt utslipp per krone, uten av verken total forbruksutgift eller levestandarden endres.

Vi sier at konsumentprisene er *klimagassminimerende* når utslipp per krone er likt for alle goder. Dette er illustrert i boks 3. Med prisene i utgangspunktet vil en nyttemaksimerende konsument tilpasse seg i punkt A. Hvis vi endrer prisene slik at de blir lik intensitetene i tallverdi, faller den nye budsjettlinjen sammen med den nye utslippslinjen, som er parallell til den gamle utslippslinjen. Den nyttemaksimerende konsumenten vil da tilpasse seg i B. Endringen i tilpasning fra A til B innebærer en klar reduksjon i totalt klimagassutslipp, nærmere bestemt med 27 prosent også i denne konkrete illustrasjonen. Ytterligere reduksjon i klimagassutslippet er umulig å få til, hvis en vil beholde levestandarden (nyttelnivået).

En empirisk modell

Ved å tallfeste nyttefunksjoner og utslippsintensiteter for norske husholdninger kan vi gjennomføre tilsvarende analyser som i boks 2 og 3 på reelle fenomener og ikke bare illustrerende talleksempler. Vi har utviklet en slik simuleringsmodell med 30 konsumgrupper, som til sammen dekker alle konsumgoder slik disse er definert i norsk og internasjonal statistikk, jf. tabell 1. Modellen er i full overensstemmelse med standard økonomisk konsumentteori med tilkoplede utslippsrelasjoner, se boks 1.

Vi antar at alle norske husholdninger tilpasser seg best mulig til gitte ressurser, mer spesielt at de maksimerer en nyttefunksjon til gitt lineær budsjettbetingelse. Vi antar videre at preferansene (nyttefunksjonene) varierer systematisk med antall barn og antall voksne i husholdningen, men at andre forskjeller er tilfeldige og blir neglisjerbare når vi tar gjennomsnitt over alle 2,1 millioner norske husholdninger.

Gjennomsnittshusholdningen defineres som en husholdning med det aritmetiske gjennomsnitt av total forbruksutgift, antall barn og antall voksne over alle norske husholdninger, og hvor nyttefunksjonen er den systematiske delen av nyttefunksjonene til alle norske husholdninger. *Levestandarden til gjennomsnittshusholdningen* holdes konstant under våre analyser.

Etterspørselsfunksjonene for de 30 konsumgodene kan utledes ved å maksimere levestandarden til gjennomsnittshusholdningen og multiplisere med antall husholdninger, eller ved å maksimere levestandarden for hver av de 2,1 millioner husholdninger og summere etterspørselen over alle husholdningene. Svaret blir nøyaktig det samme.³

Utslippsintensiteter for klimagasser er beregnet for de samme 30 konsumgruppene, jf. tabell 1. Utslippene omfatter utslipp både ved konsum og produksjon av konsumgodene, inklusive produksjon av innsatsfaktorene brukt i produksjonen. Utslipp ved produksjon av innsatsfaktorer, eller av ferdige konsumvarer, som er produsert i utlandet regnes ikke med. Disse utslippene er relevante for det globale klimagassproblemet, men det er ikke Norges ansvar ifølge Kyoto-protokollen. Beregningene er gjennomført ved hjelp av en kryssløpsorientert modell som tar hensyn til leveransene mellom ulike næringssektorer i Norge og mellom Norge og utlandet.⁴

Modellen har 1995 som basisår. Det innebærer at mengden av forbruket av enhver godegruppe måles i utgift i 1995-priser. I tråd med dette måles utslippsintensitetene i tabell 1 i *gram utslipp per 1995-krone*. For et homogent gode der mengden kan måles i kilogram blir altså utslippsintensiteten stor hvis utslippet per kg forbruk er stort i forhold prisen per kg i 1995, jf. relasjon (3) i boks 1. For en godegruppe blir utslippsintensiteten et veid gjennomsnitt av intensitetene for de homogene godene i gruppen. I vår modell holdes utslippsintensitetene i tabell 1 fast under alle endringer i priser og total forbruksutgift. Utslipp per krone (i løpende priser) vil imidlertid endre seg når prisene endres, se boks 4 for et eksempel. I simuleringene i denne artikkel holdes levestandarden for

3 Jf. Aasness og Holtmark (1993, teorem 2) og Aasness, Bye og Mysen (1996, s. 339-341). Se Wold (1998) og Indahl, Sommervoll og Aasness (2001), og referansene der, for dokumentasjon av konsummodellen.

4 Ligningene i beregningsmodellen er hentet fra den generelle likevektsmodellen MSG-6, se Holmøy et al (1999), med tilkoplede utslippsmodell, se Strøm (2000) og Flugsrud et al (2000), etter å ha fjernet ulike delblokker og likevektsmekanismer, se Indahl, Sommervoll og Aasness (2001, s. 8).

Tabell 1. Utslippsintensiteter og priselastisiteter for totalt utslipp av klimagasser i Norge tilknyttet norske husholdningers konsum. Budsjettandeler og utslippsandeler. 1995

Godegruppe	Utslippsintensitet ^a	Priselastisitet ^b	Budsjettandel (prosent) ^c	Utslippsandel (prosent) ^d
Matvarer	78,9	-0,22	13,6	29,2
Drikkevarer og tobakk	15,8	0,13	7,3	3,2
Elektrisitet vannkraft	26,8	0,79	3,8	2,8
Elektrisitet gasskraft	792,5		0	0
Brensel	621,6	-6,95	0,5	8,8
Drift av egne transportmidler	163,3	-1,82	6,9	30,8
Drift av egne transportmidler, fjerntransport	163,3	-2,67	1,0	4,6
Drift av egne transportmidler, lokaltransport	163,3	-1,67	5,9	26,3
Klær og skotøy	12,5	0,24	6,3	2,2
Andre varer	27,8	-0,01	5,	4,5
Fritidsgoder	12,3	0,22	3,2	1,0
Bil	6,4	-0,52	3,8	0,7
Bil, fjerntransport	6,4	-1,56	0,6	0,1
Bil, lokaltransport	6,4	-0,34	3,2	0,6
Møbler og utstyr	24,0	0,10	3,3	2,2
Elektriske artikler	11,5	0,17	1,6	0,5
Husleie	4,1	0,40	19,4	2,2
Andre tjenester	10,8	0,27	12,2	3,6
Helsetjenester	13,4	0,18	1,	0,6
Helsevarer	16,1	0,06	1,0	0,5
Nordmenns konsum i utlandet	0,0	0,74	4,1	0,0
Fjernbuss	74,2	-0,41	0,2	0,4
Lokalbuss og drosje	74,6	-0,26	1,0	1,9
Lokalbuss	74,6	-0,11	0,7	1,4
Drosje	74,6	-0,62	0,3	0,6
Fly	56,4	-0,09	2,0	3,1
Fjerntog	35,4	0,74	0,2	0,2
Lokaltog, trikk, T-bane	38,2	0,68	0,3	0,3
Lokaltog	38,2	0,85	0,1	0,1
Trikk og T-bane	38,2	0,52	0,1	0,1
Båt og ferje, lokaltransport	123,8	-2,95	0,2	0,8
Båt og ferje, fjerntransport	66,1	-0,54	0,1	0,2
Post og tele	10,0 ^e	0,31	1,4	0,4
Post og tele, fjernkommunikasjon	10,0 ^e	0,58	0,4	0,1
Post og tele, lokalkommunikasjon	10,0 ^e	0,19	1,0	0,3

^a Lik utslipp per krone i 1995. Målt i gram per 1995-kroner, eller tonn per million 1995-kroner.

^b Priselasititeten viser virkningen på totalt klimagassutslipp når prisen på godet øker, og total forbruksutgift øker samtidig akkurat så mye at levestandarden er konstant. Dette er en Hicks-Allen priselastisitet, dvs. Slutsky elastisiteten dividert med budsjettandelen.

^c Budsjettandel = (utgift til godet)/(total forbruksutgift). Summerer seg til 100 prosent. Total forbruksutgift summert over alle norske husholdninger er i vår modell 408 211 mill. kr i 1995.

^d Utslippsandel = (utslipp tilknyttet konsumgodet)/(utslipp tilknyttet totalt konsum). Summerer seg til 100 prosent. Utslippet tilknyttet totalt konsum er i vår modell 14 958 375 tonn CO₂ ekvivalenter i 1995.

^e Utslipp fra Post og tele er skjønnsmessig redusert fra 92,29 tonn/mill. kr. til 10 tonn/mill. kr. for å skille ut posttjenester. Det antas at disse står for hoveddelen av CO₂-utslippet ved konsum fra denne godegruppen, og at prisnedgang og konsumøkningen vil først og fremst skje på tele-delen av godegruppen, se Indahl, Sommervoll og Aasness (2001, s.11-12).

Kilde: Statistisk sentralbyrå.

gjennomsnittshusholdningen og demografiske variable fast slik de var i 1995, og utgangspunktet for prisendringene er prisene i 1995.

Utslippsintensiteter

Vi ser av tabell 1 at matvarer har en relativt høy utslippsintensitet for klimagasser, og mye høyere enn drikkevarer og tobakk. Dette skyldes delvis at utslippet per kg er høyere for mange matvarer enn for mange drikkevarer, sammenlign for eksempel produksjonsprosessen for en liter melk (som i vår modell regnes som en matvare) og en liter brus med sitronsmak (som klassifiseres som en drikkevare). Men det kan også skyldes at prisen per kg er lavere for mange matvarer enn for drikkevarer og tobakk, sammenlign for eksempel prisen på en liter melk og en liter akevitt.

Det høye avgiftsnivået på akevitt gjør at utslippsintensiteten blir lav slik vi måler den i tabell 1.

Det er store klimagassutslipp knyttet til flyreiser, og det kan derfor virke overraskende at flyreiser har lave utslippsintensitet enn matvarer (56 gram per 1995-krone mot 79 gram per 1995-krone). En tolkning er her at klimagassutslippet knyttet til forbrenning i flymotorene, blir mer avspeilet i billettprisene, enn klimagassutslippet knyttet til produksjon og distribusjon av matvarer.

Vi ser at brensel, som inkluderer fyringsolje, har høyest utslippsintensitet (622) blant godegruppene i tabell 1. Drift av egne transportmidler, som inkluderer bensin, har nest høyest intensitet (163). Hvis bensin-

avgiftene hadde vært lavere i 1995, ville utslippsintensiteten for denne gruppen vært enda høyere. Utslippsintensiteten for det å ha selve bilen er lav (6). Det skyldes at klimagassutslippet ved produksjonen av biler foregår i utlandet og blir derfor ikke med i dette intensitetsmålet, som er relevant for Norges oppfyllelse av Kyotoprotokollen.

Goder som for konsumenten fortøner seg som en homogen vare kan være produsert på forskjellige måter. Elektrisk kraft er et eksempel. I Norge har en vannkraft og kanskje om kort tid gasskraft. Vi har av den grunn inkludert to intensiteter for elektrisitet i tabell 1, en basert på ren vannkraft (27) og en basert på gasskraft (793). Hvis vi legger gasskraftproduksjon til grunn, blir elektrisitet det mest utslippsintensive godet i tabell 1, mens ved vannkraftproduksjon synes elektrisitet meget lite utslippsintensivt. I beregningene i denne artikkelen har vi lagt vannkraftproduksjon til grunn, men i framtidige analyser kan en hvis ønskelig benytte utslippsintensiteter basert på gasskraft, eller ulike kombinasjoner, noe som kan gi ganske andre resultater.

Vi ser at utslippsintensiteten for buss (75) er nesten dobbelt så stor som utslippsintensiteten for tog (35). Hvis vi hadde antatt at elektrisiteten brukt i produksjon av togjenester hadde vært produsert av gasskraft ville utslippsintensiteten for tog kunne blitt mye høyere.

Tabell 1 gir også budsjettandeler og utslippsandeler. Hvis vi hadde hatt utslippsminimerende priser, ville utslippsandelen vært lik budsjettandelen for hvert gode. Dersom utslippsandelen er større enn budsjettandelen, betyr det at utslippsintensiteten er større enn gjennomsnittlig utslippsintensitet definert som totalt utslipp av klimagasser knyttet til konsumet delt på total forbruksutgift (beregnet til 36,6). Det totale utslipp av klimagasser tilknyttet konsumet er beregnet til 15 millioner tonn utslipp CO₂ ekvivalenter i 1995, eller ca. 1/3 av totalt utslipp av klimagasser i Norge.

Merk at vi har beregnet utslippsintensitetene ved *marginale* endringer i konsumet. Vi har definert utslippet knyttet til konsumet som intensiteten multiplisert med totalt forbruk av godet (jf. relasjon (2) og (5) i boks 1). Disse definisjonene er lettest å tolke, og gir mest robuste resultater, dersom de marginale intensitetene er tilnærmet konstante. Dette behøver imidlertid ikke være tilfelle, jf. eksemplet over med produksjon av elektrisitet. Resultatene for totale utslipp og utslippsandeler bør derfor tolkes med forsiktighet, men vi har vurdert dem som interessante i mangel av bedre mål.

Virkninger av små prisendringer

Priselastisitetene i tabell 1 viser relativ endring i totalt klimagassutslipp når prisen på et konsumgode øker med en prosent, og total forbruksutgift endres slik at levestandarden blir konstant. Priselastisiteten tar hensyn til at etterspørselen etter alle konsumgodene, og tilhørende klimagassutslipp, endres når prisen på et gode øker. Brensel har den mest negative priselastisiteten (-6,95), som er naturlig siden denne varen er mest utslippsintensiv. Dessuten har brensel et nært substitutt med lav utslippsintensitet, nemlig elektrisitet. Elektrisitet har en positiv priselastisitet (0,79), fordi når elektrisitetsprisen stiger vil en gå over til mer utslippsintensive goder, spesielt brensel.

Legg merke til at hvis vi øker prisen på bil, vil klimagassutslippet reduseres. Dette gjelder til tross for at klimagassutslippet ved selve bilen er svært liten, siden produksjonen foregår i andre land og utgiftene til bil består i stor grad av avgifter til staten som ikke forurenser i det hele tatt. Grunnen til klimagassutslippet likevel reduseres når bilavgiftene øker, er at også bensinbruken reduseres når bilprisene økes, og bensin har meget høy utslippsintensitet.

Krysspriselastisitetene mellom de ulike konsumgodene i det bakenforliggende etterspørselssystemet kan altså være av stor betydning for priselastisitetene for totalt klimagassutslipp i tabell 1. Siden det er 30 goder i systemet blir det 870 ulike krysspriselastisiteter, for hver verdi av vektoren av forklaringsvariable.⁵

Vi ser at tog, trikk og T-bane har sterkt positive klimagasspriselastisiteter, dvs. at totalt klimagassutslipp går opp hvis prisene økes og ned hvis prisene senkes. Dette skyldes at disse godene har lave utslippsintensiteter og nære substitutter, som bruk av privatbil, med høye utslippsintensiteter. Omvendt er priselastisiteten for drift av egne transportmidler sterkt negativ, dvs. økte bensinpriser gir reduserte klimagassutslipp.

Priselastisiteten for lokalbuss er negativ, men nær null. Substitutter som lokaltog og trikk har lavere utslippsintensiteter, og det trekker priselastisiteten for lokalbuss ned, mens den blir trukket opp av den høye utslippsintensiteten for drift av egne transportmidler.

Priselastisiteten for fly er også negativ, men nær null (-0,09). Hvis prisen på flyreiser øker, vil partielt sett flykonsumet og det tilknyttede klimagassutslippet gå ned, men samtidig vil konsumentene få økt total forbruksutgift for å kompensere prisoppgangen på fly og derigjennom tendere mot å kjøpe mer av alle andre goder. Videre vil konsumentene tendere mot å kjøpe mer av nære substitutter for fly, slik som reiser med fjerntog, fjernbuss og langreiser med egen bil, fordi de relative prisene har endret seg. Hva den samlede ef-

5 Se Indahl, Sommervoll og Aasness (2001, tabell A2) for utvalgte krysspriselastisiteter.

fekten blir på totalt klimagassutslipp er ikke lett å si a priori, heller ikke fortegnet på endringen. Våre resultater tyder altså på at den samlede effekt er svakt negativ.

Klimagassminimerende konsumentpriser

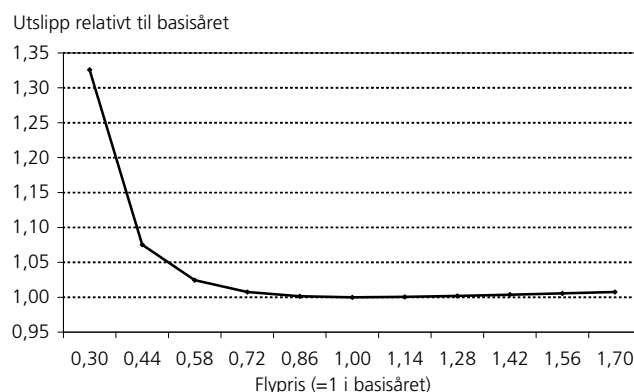
I vår modell vil vi få minst mulig totalt klimagassutslipp, gitt levestandarden, når konsumentprisene er proporsjonale med utslippsintensitetene. Av tabell 1 framgår det at dette krever dramatiske endringer i konsumentprisene, siden intensitetene varierer fra 4 (husleie) til 622 (brensel) mens alle prisene er lik 1 i basisåret. En slik dramatisk prisreform vil støte an mot en rekke forhold som vi ikke har tatt inn i vår enkle modell. Likevel kan det være interessant å gjennomføre et slikt beregningsekperiment, fordi det gir en øvre grense for hvor mye det er mulig å oppnå i reduksjon av klimagasser ved å vri forbrukets sammensetning for gitt levestandard og gitte utslippsintensiteter. I vår modell finner vi at *totalt klimagassutslipp ville bli redusert med 27 prosent ved overgang til klimagassminimerende priser*, med utgangspunkt i prisene og levestandard i 1995.⁶

I denne tankerammen er det naturlig å stille seg ytterligere et spørsmål knyttet til klimagassminimerende priser. Dersom en bare kan endre på en pris, finnes det en klimagassminimerende verdi for denne, gitt at de øvrige prisene er uforandret? I to-godetilfellet er svaret klart ja. I talleksempel i boks 3 vil den klimagassminimerende prisen for det utslippsintensive gode 1 bli 4, gitt at prisen på gode 2 settes til 2 som det hadde i utgangspunktet. Totalt klimagassutslipp vil synke når prisen på det utslippsintensive gode 1 stiger fra 1 til 4, for så å stige igjen når prisen øker over 4, for da blir utslippet per krone mindre for gode 1 enn for gode 2. I en modell med mange konsumgoder blir situasjonen mer komplisert, men det synes rimelig å tro at vi også her får en U-kurve med et entydig minimum, når vi beregner totalt klimagassutslipp som funksjon av prisen på et gode, mens andre priser og levestandarden holdes konstant.

Figur 1 viser denne type funksjon for flypris i vår modell, gitt levestandardnivå og andre priser som i modellens basisår (1995). Vi ser at flyprisen var meget nært sitt klimagassminimerende nivå i 1995. Flyprisen er, som alle andre priser, normalisert til 1 i 1995, mens minimumsprisen er tilnærmet lik 1,05. Dette resultatet stemmer overens med at klimagasspriselastisiteten for fly i tabell 1 er negativ, men nær null.

Det bør imidlertid understrekes at dette resultatet er usikkert, og at vi ikke har gjennomført noen analyse

Figur 1. Totalt klimagassutslipp som funksjon av flypris



av graden av usikkerhet. Spesielt er resultatet avhengig av vår beregning av utslippsintensiteten for fly. Enkelte vil argumentere for at denne intensiteten burde være høyere, blant annet fordi utslipp høyt opp i atmosfæren har større effekt på global oppvarming enn utslipp ved jordoverflaten. Å reise med fly er åpenbart energikrevende og energien bringes til veie ved hjelp av fossile brensl. Det er således i utgangspunktet et skoleeksempel på hva mange vil mene er et "miljøfiendtlig gode". Men vår analyse viser at virkningene av et forbruksgode på totalt klimagassutslipp avhenger helt av prisen på godet. Gitt alle forutsetningene i vår beregningsmodell får vi som resultat at flyprisen er nær sitt klimagassminimerende nivå, gitt prisene på andre konsumgoder.

Endrede priser på kommunikasjons-goder

Modellapparatet kan brukes til å analysere virkningene av en rekke forskjellige prisreformer, hvor vi endrer flere konsumentpriser samtidig. Vi skal her presentere et eksempel på en analyse av kommunikasjonssektoren, som inkluderer privat og offentlige persontransport, og også post og telekommunikasjon. Her finnes konsumgoder som til dels kan tilfredsstille de samme behov og som har ulike utslippsintensiteter. Det burde derfor være mulig å redusere totalt klimagassutslipp ved å endre de relative priser på en passende måte. Prisreformen er beskrevet i boks 4, og inkluderer en "full reform" med meget kraftige prisendringer, og en gradvis prisøkning fra utgangssposisjonen til den fulle reformen. Graden av reform beskrives ved en reformparameter r som varierer fra 0 (ingen reform) til 1 (full reform). Ulike brukere kan dermed avlese resultater for den grad av reform de er mest interessert i.

6 Et problem med å gjennomføre et slikt beregningsekperiment er at nordmenns konsum i utlandet har utslippsintensitet lik null. Det er fullstendig urealistisk å sette prisen på konsum i utlandet lik null, og det vil dessuten sprengte vår beregningsmodell som impliserer uendelig konsum ved en slik nullpris. Vi valgte å sette prisen på konsum i utlandet proporsjonal med utslippsintensiteten til husleie som har den laveste intensiteten av øvrige goder. Vi kontrollerte at resultatet var noenlunde robust overfor endringer i denne forutsetning, jf. Indahl, Sommervoll og Aasness (2001, s. 16).

Boks 4. En prisreform for kommunikasjons-goder

Denne boksen beskriver en prisreform for utvalgte kommunikasjons-goder, der prisen på et utslippsintensivt gode øker og prisen på noen goder med lave utslippsintensiteter reduseres (jf. intensitetene i tabell 1). Samtidig endres total forbruksutgift så mye at levestandarden til gjennomsnittshusholdningen blir konstant.

Den fulle reformen ($r=1$) er beskrevet ved følgende tabell over endringer i konsumentprisene:

Godegruppe	Pris- endring	Utslipp per krone før reform	Utslipp per krone etter reform
Drift av egne transportmidler	100 % økning	163	82
Lokaltog, trikk og T-bane	50 % reduksjon	38	76
Fjertog	50 % reduksjon	35	71
Post og tele	80 % reduksjon	10	50

En gradvis prisreform beskrives ved en reformparameter r som går fra 0 til 1 når prisene gradvis endres fra prisene før reform (p_{j0}) til prisene ved full reform (p_{j1}):

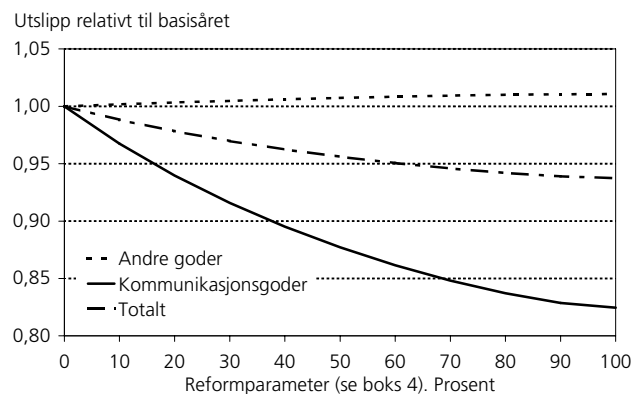
$$(1) \quad p_{jr} = (1-r)p_{j0} + rp_{j1}.$$

Når for eksempel $r=0,1$ blir prisendringene på de fire gruppene over henholdsvis +10, -5, -5 og -8 prosent.

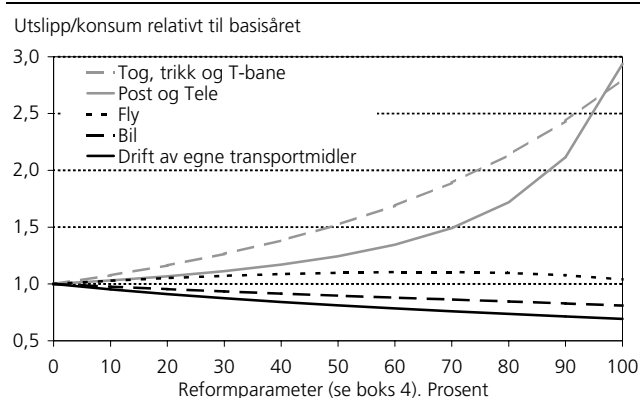
I den fulle reformen doubles prisen på drift av egne transportmidler, som er det mest utslippsintensive kommunikasjons-godet ifølge tabell 1. Videre reduseres prisen på tog, trikk og t-bane med 50 prosent, siden disse godene har lave utslippsintensiteter ifølge tabell 1. Dessuten reduseres prisen på godegruppen post og teletjenester med 80 prosent, siden denne har den laveste utslippsintensiteten.⁷ Etter prisreformen vil utslipp per krone bli langt mer like for disse kommunikasjons-godene, se boks 4, men rangeringen av godene etter utslipp per krone blir beholdt. Priser på øvrige transportgoder og andre goder holdes konstant, mens total forbruksutgift justeres slik at levestandarden er konstant.

Virkningene av prisreformen på totalt klimagassutslipp, og inndelt i de to hovedgruppene kommunikasjons-goder og andre goder, er vist i figur 2. Full reform gir en reduksjon av klimagassutslipp tilknyttet gruppen av alle kommunikasjons-goder på hele 18 prosent. Før reformen utgjorde utslipp tilknyttet alle kommunikasjons-goder ca. 1/3 av totalt utslipp tilknyttet konsumet. Samtidig øker klimagassutslippet fra alle andre goder med drøye en prosent. Til sammen gir dette en reduksjon på totalt klimagassutslipp på drøye 6 prosent. Nøyer vi oss med en 10 prosent reform vil totalt klimagassutslipp tilknyttet konsumet reduseres

Figur 2. Klimagassutslipp for hovedgrupper



Figur 3. Klimagassutslipp for utvalgte kommunikasjons-goder



kun med ca. 1,2 prosent, mens klimagassutslipp tilknyttet gruppen med kommunikasjons-goder vil reduseres med 4 prosent.

Figur 3 viser hvordan konsumet av fem utvalgte konsumgrupper endrer seg relativt til utgangsnivået under en gradvis reform. Vi ser at gruppen tog, trikk og T-bane øker kraftigst ved små reformer, mens gruppen post og tele har kraftigst økning ved full reform, hvor konsumet av begge gruppene er nesten tredoblet. Drift av egne transportmidler reduseres sterkest, med hele 30 prosent ved full reform. Gruppen bil, som omfatter mengden av biler og ikke bruken av biler, synker klart til tross for at prisen på biler er konstant. Dette skyldes at prisen på bruken av bil har steget kraftig og prisen på alternative transportformer har sunket. Flyprisen har også vært konstant, men bruken av fly går noe opp, mest ved midlere reformer. Dette skyldes nok at økningen i prisen på bruk av bil tenderer til økt bruk av fly, spesielt ved midlere reformer, mens reduserte priser på tog og teletjenester tenderer til å redusere bruken av fly, spesielt ved kraftige reformer.

7 Denne prisnedgangen på gruppen post og tele kan tolkes å være forårsaket av en prisnedgang på teletjenester alene, jf. fotnote e til tabell 1.

Konklusjoner

I denne artikkelen har vi vist, rent teoretisk og i en empirisk basert simuleringsmodell, at det er mulig å redusere klimagassutslippet ved å endre konsumentprisene uten at levestandarden endres. Økning i prisene på konsumgoder med høyt klimagassutslipp per krone, og reduksjon i priser på konsumgoder med lavt utslipp per krone, vil redusere de totale utslippene, for gitt levestandard og gitte utslippsintensiteter. Det som driver resultatet er at forbrukerne frivillig endrer sammensetningen av forbruket mot goder med lavt utslipp per krone, siden de blir relativt billigere. Dersom prisene blir endret slik at utslipp per krone blir lik for alle goder, er det ikke lenger mulig å redusere klimagassutslippet ved å endre konsumentprisene, dvs. vi har klimagassminimerende konsumentpriser. Disse prisene vil generelt ikke være samfunnsøkonomisk optimale, men gir en øvre grense for hvor mye en kan oppnå i redusert klimagassutslipp ved å endre forbrukets sammensetning.

I en modell for norsk økonomi med 30 konsumgoder fant vi at en overgang til klimagassminimerende konsumentpriser ville gi en reduksjon i klimagassutslippet knyttet til konsumet med 27 prosent. Ytterligere reduksjon er umulig å få til uten å redusere utslippsintensitetene eller levestandarden. Hvis vi imidlertid utvider modellen med flere konsumgoder er det i prinsippet mulig å redusere klimagassutslippet ytterligere. Hvor stor en slik reduksjon kan bli er et åpent spørsmål for framtidig forskning.

Utslipp av klimagasser per krone er beregnet for 30 konsumgoder i 1995. Disse varierer sterkt mellom godegruppene, fra 4 gram per 1995-krone for godegruppen husleie til 622 gram per 1995-krone for brensel. Vi har beregnet priselastisiteter for totalt utslipp av klimagasser når prisen på et konsumgode endres, under konstant levestandard, for de samme 30 godene. De varierer fra -7 for brensel til +0,9 for lokaltog. Hvis en hadde hatt klimagassminimerende konsumentpriser ville disse priselastisitetene vært null for alle konsumgoder. For fly er den beregnede priselastisiteten for totalt klimagassutslipp nær null, og den blir eksakt null ved en liten økning i flyprisen, gitt levestandarden og prisene på alle de andre godene.

Artikkelen viser virkningene av en prisreform på kommunikasjonsgoder. Denne reformen gjør bensin dyre, mens, trikk, tog, T-bane og teletjenester blir billigere, og total forbruksutgift justeres slik at levestandarden holdes konstant. Reformen gav en utslippsreduksjon på 18 prosent knyttet til konsum av kommunikasjonsgoder og på 6 prosent knyttet til konsum totalt.

De kvantitative resultatene er betinget av nåværende modell, og må tolkes med forsiktighet fordi vi ikke har analysert usikkerheten til resultatene. Angrepsmåten er nytteviklet og det åpner seg rike muligheter for å forbedre analyseverktøyet og gjennomføre mer omfattende analyser.

Referanser

- Bye, B. (1998): Optimal miljøbeskatning - teori og empiri, *Norsk Økonomisk Tidsskrift* 112, 213-234.
- Flugsrud, K., E. Gjerald, G. Haakonsen, S. Holtskog, H. Høie, K. Rypdal, B. Tornsjø og F. Weidemann (2000): *The Norwegian Emission Inventory - Documentation of methodology and data for estimating emissions of greenhouse gases and long-range transboundary air pollutants*, Rapporter 2000/1, Statistisk sentralbyrå.
- Holmøy, E., B. Strøm and T. Åvitsland (1999): Empirical characteristics of a static version of the MSG-6 model, Documents 99/1, Statistisk sentralbyrå.
- Indahl, B., D. E. Sommervoll og J. Aasness (2001): Virkninger på forbruksmønster, levestandard og klimagassutslipp av endringer i konsumentpriser, Notater 2001/20, Statistisk sentralbyrå.
- Strøm, B. (2000): MSG-6 - Utslippsmodellens ligningsstruktur - Teknisk dokumentasjon, Notater 2000/22, Statistisk sentralbyrå.
- Wold, I. S. (1998): Modellerings av husholdningenes transportkonsum for en analyse av grønne skatter. Muligheter og problemer innenfor rammen av en nyttetre-modell, Notater 98/98, Statistisk sentralbyrå.
- Aasness, J. (1990): Properties of demand functions for linear consumption aggregates, Discussion Papers 49, Statistisk sentralbyrå.
- Aasness, J., T. Bye, og H. T. Mysen (1996): Welfare effects of emission taxes in Norway, *Energy Economics* 18, 335-346.
- Aasness, J. og B. Holtsmark (1993): Consumer demand in a general equilibrium model for environmental analysis, Discussion Papers 105, Statistisk sentralbyrå.